Αξιοποιώντας τις Τ.Π.Ε. για τον σχεδιασμό μίας κοινής προσέγγισης εννοιών Μαθηματικών και Χημείας για τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Περίληψη
Στην παρούσα εργασία αξιοποιήσαμε λογισμικό δυναμικής γεωμετρίας για να σχεδιάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε εκπαιδευτικό υλικό με διεπιστημονικό χαρακτήρα για μία κοινή διδακτική προσέγγιση στη Χημεία και στα Μαθηματικά. Οι έννοιες που διαπραγματευτήκαμε ήταν η «περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (% w/v)» σε σχέση με την «κλίση ευθείας». Μέσω της μαθηματικοποίησης προβλημάτων χημείας και της χρήσης πολλαπλών αναπαραστάσεων στοχεύουμε στον εμπλουτισμό και στη βαθύτερη κατανόηση των υποκείμενων εννοιών, καθώς και στο συσχετισμό των εννοιών μεταξύ τους, στο πλαίσιο της διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης.

Abstract
In this study, taking advantage of a DGE's (dynamic geometry environment) affordances, we designed a unit of educational material in respect of an interdisciplinary framework, referring to Chemistry and Mathematics and we used it in classroom. The concepts that we aimed to involve students with were the "percentage of solution (%w/v)" in relation to the "slope of a line". Through mathematization of chemistry problems and the use of multiple representations, our goal was the elaboration and the deeper understanding of the underlying concepts by the students, and the fostering of making connections between these concepts, in a broader sense of cross-curricular learning environment.

1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με τη διδακτική έρευνα για την κατανόηση των φυσικών νόμων είναι κρίσιμη η σύνδεση τους με το αντίστοιχο μαθηματικό περιεχόμενο από τους μαθητές, με τρόπο ώστε να επεξηγούν το συναφές μαθηματικό μοντέλο (Sherin 2001). Το ερώτημα που τίθεται είναι πώς αυτή η σύνδεση μπορεί να ενισχυθεί με διδακτικά μέσα; Δηλαδή, με ποιον τρόπο μπορεί να προσεγγιστεί η 'πραγματικότητα' που περιγράφουν οι φυσικές επιστήμες, όπως η Χημεία, με τη χρήση των αφηρημένων μαθηματικών εννοιών; Σύμφωνα με τη Moreno (2011), η συνδυαστική χρήση ρεαλιστικών αναπαραστάσεων (π.χ. δοχείο με υγρό) και αφηρημένων αναπαραστάσεων (π.χ. γραφική παράσταση περιεκτικότητας διαλύματος) μπορεί να κάνει πιο σαφείς τις υποκείμενες έννοιες. Μέχρι στιγμής, οι έρευνες εστιάζουν κυρίως στη λειτουργική χρήση των μαθηματικών αναπαραστάσεων για την επίλυση προβλημάτων χημείας (Kostic et al. 2015). Ωστόσο, η έρευνα μπορεί να επικεντρωθεί πιο εστιασμένα σε ερωτήματα εννοιολογικής κατανόησης, όπως για παράδειγμα πώς η χρήση πολλαπλών αναπαραστάσεων ενισχύει τη σύνδεση μαθηματικών και χημικών εννοιών; Με αυτό το σκεπτικό, στην παρούσα εργασία σχεδιασαμε εκπαιδευτικό υλικό κοινό για τη Χημεία και τα Μαθηματικά, με χρήση Τ.Π.Ε. και το χρησιμοποιήσαμε για την υλοποίηση μιας διεπιστημονικής διδασκαλίας.

2. Μεθοδολογία

Η «περιεκτικότητα διαλύματος στα εκατό βάρος προς όγκο (%w/v)» ως μια έννοια Χημείας μαθηματικοποιείται από την έννοια της «κλίσης ευθείας». Ο τυπικός ορισμός της κλίσης είναι κυρίως αλγεβρικός (Tall 2004), ωστόσο η έννοια έχει γεωμετρικά χαρακτηριστικά και

αντιστοιχίζεται σε ‘εικόνες’, όπως για παράδειγμα μία ανηφόρα. Η περιεκτικότητα διαλύματος αν μαθηματικοποιηθεί από την κλίση ευθείας και μοντελοποιηθεί με ένα εκπαιδευτικό λογισμικό με δυναμικό χειρισμό (π.χ. με μεταβλητή ποσότητα διαλύματος), μπορεί να προσφέρει μια πιο πλούσια εικόνα της κλίσης για τους μαθητές που θα χειριστούν το μοντέλο. Έτσι, επιδιώξαμε να αξιοποιήσουμε τις λειτουργικότητες ενός εκπαιδευτικού λογισμικού (Geogebra) και να σχεδιάσουμε μια ’προσομοίωση’ αραίωσης και συμπύκνωσης ενός διαλύματος, στο οποίο να μεταβάλλεται ο όγκος του και η μάζα της διαλυμένης ουσίας. Με βάση αυτόν το ’μικρόκοσμο’ (Kynigos 2007) σχεδιάσαμε ’μικροπειράματα’ αραίωσης και συμπύκνωσης διαλυμάτων, ώστε οι μαθητές να θέσουν σε χρήση την έννοια της κλίσης ως ρυθμό μεταβολής. Από πλευράς Χημείας, οι μαθητές θα είχαν τη δυνατότητα να εργαστούν με πολλαπλές αναπαραστάσεις (μικροπειράματα χημείας και γραφικές παραστάσεις) πάνω στην έννοια της περιεκτικότητας και να εξασκηθούν στη χρησιμοποίηση πολλαπλών εργαλείων για την επίλυση ασκήσεων. Παράλληλα, οι μαθητές θα συσχέτιζαν τις υποκείμενες έννοιες (κλίση ευθείας - περιεκτικότητα διαλύματος) σε ένα αυθεντικά διαθεματικό πλαίσιο.

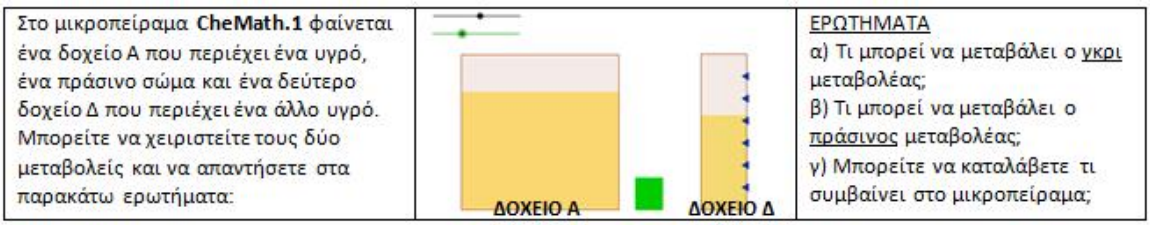
Περιγραφή Εκπαιδευτικού Υλικού και Διεπιστημονικής Διδασκαλίας

Σχεδιάσαμε 5 διαδραστικές δραστηριότητες διαβαθμισμένης δυσκολίας, οι οποίες αντιστοιχούσαν σε 5 μικροπειράματα - προσομοιώσεις πειραμάτων Χημείας. Οι 2 πρώτες δραστηριότητες ($1^η$, $2^η$) ήταν εισαγωγικές και περιελάμβαναν μόνο το σκέλος των εικονικών πειραμάτων και οι 3 επόμενες ($3^η$, $4^η$, $5^η$) ήταν οι κύριες δραστηριότητες που περιελάμβαναν επιπλέον μαθηματικές αναπαραστάσεις (γραφικές παραστάσεις). Η διδασκαλία σχεδιάστηκε ώστε να υλοποιηθεί στο Εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου, με τη μέθοδο της καθοδηγούμενης ανακάλυψης, όπου οι καθηγητές είχαν μόνο εποπτικό ρόλο. Οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες 2-3 ατόμων και ακολουθώντας τις οδηγίες κατάλληλου φύλλου εργασίας, καλούνταν να εκτελέσουν τα μικροπειράματα στο λογισμικό και να απαντήσουν σε μία σειρά από κλιμακωτά ερωτήματα. Επίσης, είχαν ήδη διδαχθεί τις εμπλεκόμενες έννοιες (κλίση ευθείας και περιεκτικότητα διαλύματος) χωριστά στα μαθήματα των Μαθηματικών και της Χημείας. Το φύλλο εργασίας σχεδιάστηκε ώστε οι μαθητές να καθοδηγούνται να συνδυάσουν τις γνώσεις τους στη χημεία και στα μαθηματικά, με στόχο να συνδέσουν τις διδασκόμενες έννοιες και με βασικό μέλημα να εξάγουν οι ίδιοι τους συσχετισμούς μεταξύ των φαινομένων στη χημεία με τις αντίστοιχες μαθηματικές αναπαραστάσεις.

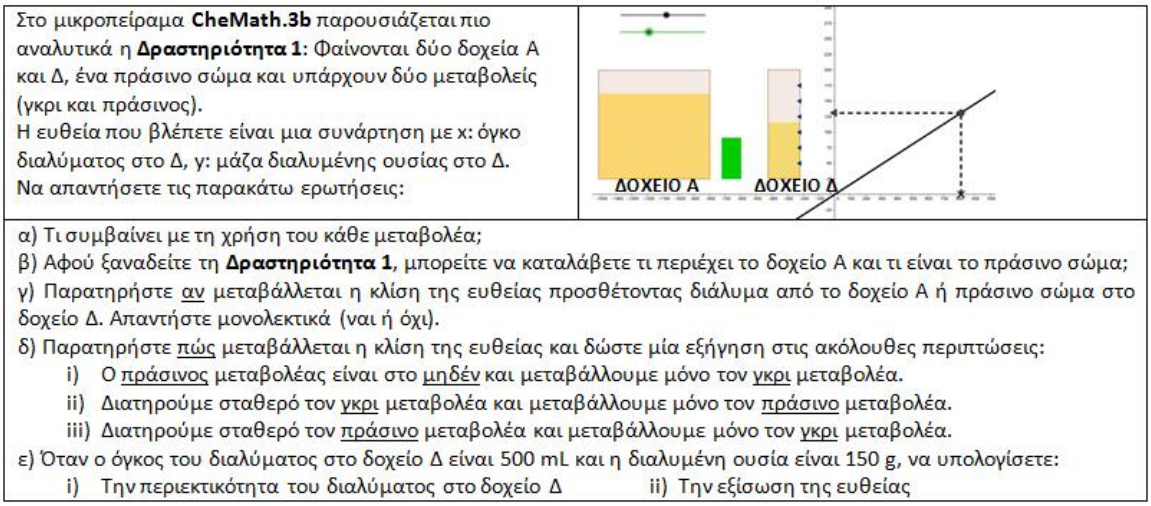
Οι εισαγωγικές δραστηριότητες είχαν σκοπό να εξοικειώσουν τους μαθητές με το περιβάλλον του λογισμικού και να αναδείξουν, στη συνέχεια, τη χρησιμότητα και το συσχετισμό των μαθηματικών αναπαραστάσεων με τα φαινόμενα της χημείας. Έτσι, σχεδιάσαμε τα μοντέλα των εν λόγω μικροπειραμάτων ώστε να μην μπορούν να ερμηνευτούν τα φαινόμενα με μονοσήμαντο τρόπο. Οι κύριες δραστηριότητες περιελάμβαναν επιπλέον μαθηματικά δεδομένα που καθιστούν δυνατή την ολοκληρωμένη ερμηνεία των φαινομένων.

Ενδεικτικά αναφέρουμε τις Δραστηριότητες 1 (Εικ. 1) και 4 (Εικ. 2) που περιέχουν το ίδιο μικροπείραμα. Μετακινώντας τους μεταβολείς μπορούμε να χρησιμοποιούμε το υγρό του Δοχείου Α και τη στερεή πράσινη ουσία για να σχηματίσουμε ένα διάλυμα στο Δοχείο Δ. Παράλληλα μετακινείται και το σημείο της γραφικής παράστασης (στη Δραστηριότητα 4), ώστε να αντιστοιχεί στον όγκο του διαλύματος (άξονας x) και στη μάζα της διαλυμένης

Εικόνα 1: Η Δραστηριότητα 1 (εισαγωγική) του φύλλου εργασίας.



Εικόνα 2: Η Δραστηριότητα 4 (κύρια) του φύλλου εργασίας, αντίστοιχη της Δραστηριότητας 1.



ουσίας (άξονας y) στο Δοχείο Δ κάθε στιγμή. Συγκεκριμένα, μετακινώντας τον γκρι μεταβολέα προς τα δεξιά μειώνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Α και ταυτόχρονα αυξάνεται η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ. Μετακινώντας τον πράσινο μεταβολέα μειώνεται το πράσινο σώμα, ενώ η στάθμη του υγρού στο Δοχείο Δ παραμένει σταθερή (χωρίς να φαίνεται η διάλυση του πράσινου σώματος). Οι μαθητές μπορούν να χειρίζονται ξεχωριστά τους δύο μεταβολείς και να προσθέτουν στο Δοχείο Δ διαδοχικά υγρό Α ή πράσινη ουσία. Ταυτόχρονα η μετακίνηση του σημείου της γραφικής παράστασης δίνει τη δυνατότητα να διαπιστωθεί τι προστίθεται στο Δοχείο Δ. Με τα κλιμακωτά ερωτήματα που ακολουθούν (βλ. Εικ. 2) καθοδηγούμε τους μαθητές να συσχετίσουν τις δύο αναπαραστάσεις, να ερμηνεύσουν το μικροπείραμα και τελικά να συνδέσουν τις υποκείμενες έννοιες: κλίση ευθείας και περιεκτικότητα διαλύματος. Οι υπόλοιπες δραστηριότητες είχαν ανάλογο σκεπτικό και διαφοροποιούνταν μόνο στην πολυπλοκότητα των μικροπειραμάτων.

3. Αποτελέσματα

Η διδασκαλία εφαρμόστηκε σε 27 μαθητές της Β΄ Γυμνασίου του 2^{ου} Πειραματικού Γυμνασίου Αθηνών. Στις 2 πρώτες δραστηριότητες όλοι οι μαθητές ερμήνευσαν με επιτυχία τη χρήση των μεταβολέων. Για παράδειγμα, στην 1^{η} Δραστηριότητα έγραψαν: *«με τον γκρι μεταβολέα μειώνεται ο όγκος του δοχείου Α και αυξάνεται ο όγκος του δοχείου Δ»* και *«με τον πράσινο μεταβολέα μειώνεται το ύψος του πράσινου σώματος»*. Επίσης, οι περισσότεροι διαπίστωσαν την ασάφεια των πειραμάτων. Μετά από διερεύνηση και πειραματισμό με τα μικροπειράματα, οι μαθητές απάντησαν πιο εύκολα στην 3^{η} και 4^{η} δραστηριότητα, όπου ερμήνευσαν και χρησιμοποίησαν τις μαθηματικές αναπαραστάσεις. Για παράδειγμα, όλοι οι μαθητές μπορούσαν να αντλήσουν δεδομένα από τις γραφικές παραστάσεις ώστε να υπολογίσουν την περιεκτικότητα του διαλύματος και την εξίσωση της ευθείας. Η χρήση των μαθηματικών αναπαραστάσεων βοήθησε αρκετούς μαθητές να ερμηνεύσουν τα μικροπειράματα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι στην 4^{η} Δραστηριότητα 13 μαθητές διαπίστωσαν σωστά ότι το Δοχείο Α περιέχει διάλυμα και 18 μαθητές διαπίστωσαν ότι το πράσινο σώμα αντιστοιχεί στη διαλυμένη ουσία. Ωστόσο, 7 μαθητές θεώρησαν λανθασμένα ότι το Δοχείο Α περιέχει διαλύτη, 2 μαθητές έγραψαν ότι δεν μπορούν να καταλάβουν, ενώ οι υπόλοιποι δεν έδωσαν καμία απάντηση. Όταν ρωτήσαμε τους μαθητές αν μπορούν να καταλάβουν τι εκφράζει η κλίση της ευθείας, οι περισσότεροι τη συσχέτισαν με το μικροπείραμα αναφέροντας ότι εκφράζει: α) *«τα g της διαλυμένης ουσίας προς τα ml του διαλύματος»* (5 μαθητές), β) *«την περιεκτικότητα του διαλύματος»* (4 μαθητές), γ) *«την*

πυκνότητα του διαλύματος (m/V)» (4 μαθητές), δ) *«την αναλογία μεταξύ όγκου και μάζας»* (2 μαθητές). Ωστόσο, κάποιοι μαθητές έμειναν στο πεδίο των μαθηματικών αναφέροντας ότι εκφράζει: α) *«την εφαπτομένη της γωνίας»* (4 μαθητές), β) *«το λόγο των ποσών x και y»* (2 μαθητές). Όταν ζητήσαμε από τους μαθητές να παρατηρήσουν πώς μεταβάλλεται η κλίση της ευθείας και να δώσουν μία εξήγηση, αρκετοί συσχέτισαν την κλίση με το μικροπείραμα με επιχειρήματα όπως: α) *«η κλίση μικραίνει, άρα μικραίνει και η περιεκτικότητα του διαλύματος»* (2 μαθητές), β) *«η κλίση μεταβάλλεται γιατί μεταβάλλεται η μάζα του διαλύματος»* (2 μαθητές), γ) *«η κλίση μεταβάλλεται γιατί αλλάζει η διαλυμένη ουσία»* (2 μαθητές), δ) *«αλλάζει το y (μάζα διαλυμένης ουσίας) άρα αλλάζει και η κλίση (πυκνότητα)»*. Ωστόσο, άλλοι επικεντρώθηκαν περισσότερο στα επιφανειακά χαρακτηριστικά αναφέροντας για παράδειγμα ότι *«η κλίση της ευθείας μεταβάλλεται γιατί το y μεταβάλλεται, ενώ το x παραμένει σταθερό»* (10 μαθητές).
Η συσχέτιση της κλίσης με την περιεκτικότητα του διαλύματος μπορεί να ενισχύσει την εικόνα της έννοιας της κλίσης. Αυτό παρατηρήθηκε έντονα, αφού οι μαθητές που χρησιμοποίησαν τη μεταβολή της κλίσης ως επιχείρημα για να χαρακτηρίσουν ένα διάλυμα ως αραιότερο ή πυκνότερο, τη συνέδεσαν με μία άλλου είδους μεταβολή, τη μεταβολή της περιεκτικότητας. Έτσι, επιστρέφοντας στα Μαθηματικά, είχε ενισχυθεί η εννοιολογική κατανόηση της κλίσης, καθώς συσχετίστηκε με την ευρύτερη έννοια της 'Μεταβολής'. Δηλαδή, μέσω της χρήσης της κλίσης, δεν αντιμετωπίστηκε μόνο το πρόβλημα του φαινομένου της Χημείας, αλλά εμπλουτίστηκε η κατανόηση της ίδιας της έννοιας της κλίσης.

4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάσαμε εκπαιδευτικό υλικό για μια διεπιστημονική διδασκαλία Χημείας και Μαθηματικών με τη χρήση δυναμικών αναπαραστάσεων. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα της διδασκαλίας αφορούσαν και τα δύο αντικείμενα. Γενικά, οι μαθητές χρησιμοποίησαν τις αναπαραστάσεις για να απαντήσουν στα ερωτήματα, αλλά και για να διαλευκάνουν τα φαινόμενα. Από τη μία έγινε σαφέστερη στους μαθητές η χρήση των μαθηματικών εννοιών και οι αντίστοιχες συμβολικές αναπαραστάσεις για να ερμηνεύσουν μια ασαφή κατάσταση (χημικό φαινόμενο) και όχι μόνο για να λύσουν αλγοριθμικές ασκήσεις. Από την άλλη, μέσω αυτής της χρήσης φαίνεται να έγιναν βήματα προς την πληρέστερη εννοιολογική κατανόηση των μαθηματικών εννοιών. Μέσω των συνδέσεων εννοιών Μαθηματικών και Χημείας, στο συγκεκριμένο πρόβλημα διαλυμάτων, αναδείχθηκαν οι κοινές τους αναφορές στο ευρύτερο εννοιολογικό πεδίο της 'Μεταβολής'.

5. Βιβλιογραφία

Kostic, V.Dj., Stankov Jovanovic, V.P., Sekulic, T.M. & Takaci, Dj.B. (2015). Visualization of problem solving related to the quantitative composition of solutions in the dynamic GeoGebra environment. *Chemistry Education Research and Practice, 17,* 120-138.

Kynigos, C. (2007). Half-baked microworlds in use in challenging teacher educators' knowing. *International Journal of Computers for Mathematical Learning, 12 (2),* 87-111.

Moreno, R., Ozogul, G. & Reisslein, M. (2011). Teaching with concrete and abstract visual representations: Effects on students' problem solving, problem representations, and learning perceptions. *Journal of Educational Psychology, 103 (1),* 32–47.

Sherin, B.L. (2001). How students understand physics equations. *Cognition and Instruction, 19 (4),* 479–541.

Tall, D. (2004). Introducing three worlds of mathematics. *For the Learning of Mathematics, 23 (3),* 29-33.